花生秧饲粮中添加纤维素酶对5~8周龄浙东白鹅生长性能、养分表观利用率和消化酶活性的影响

王惠影[1]　郭保地[1]　何大乾[2]　龚绍明[2]　刘　毅[2]　李光全[2]　徐　琪[1]　陈国宏[1*]

（1．扬州大学动物科学与技术学院，扬州 225009；2.上海市农业科学院畜牧兽医研究所，上海 201106）

摘　要：本研究旨在探讨花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅生长性能、饲粮养分表观利用率以及消化酶活性的影响。试验选取120只体重相近的4周龄健康浙东白鹅，随机分为3个组，分别饲喂在基础饲粮中添加15%（A组）、23%（B组）、23%（C组）花生秧粉的试验饲粮，C组另外添加3‰纤维素酶，每组5个重复，每个重复8只，公母各占1/2。试验测定指标包括试验鹅体重、采食量、饲粮养分表观利用率以及胰腺、肌胃和十二指肠内源性消化酶活性。结果表明：与B组相比，花生秧饲粮（粗纤维水平为9.76%）中添加3‰纤维素酶 1)显著增加了肉鹅平均日增重（$P<0.05$），对平均日采食量和料重比影响不显著（$P>0.05$）；2)显著或极显著提高饲粮中粗灰分、粗蛋白质、粗纤维、钙、总磷、甘氨酸、半胱氨酸和蛋氨酸的表观利用率（$P<0.05$ 或 $P<0.01$）；3)显著或极显著增强胰腺蛋白酶、淀粉酶活性和肌胃蛋白酶、十二指肠脂肪酶活性（$P<0.05$ 或 $P<0.01$）。总之，在高粗纤维水平花生秧饲粮中添加3‰纤维素酶能够增强肉鹅消化道酶活性，提高其对粗纤维饲粮的养分表观利用率，是开发利用花生秧饲料资源的有效途径。

关键词：花生秧；纤维素酶；浙东白鹅；体重；养分利用率；消化酶活性

中图分类号：　　　　　　文献标识码：　　　　　　文章编号：

花生秧不仅质地松软，富含粗蛋白质、粗脂肪、各种矿物质及维生素，还具有适口性好、产量高等特点，年产量可达2 700~3 000万t。因此，其作为花生的副产物，可用作鹅的粗饲料[1]，满足鹅对粗纤维需求量较高的要求[2-3]。有效开发花生秧这一饲料资源，不仅可以缓解人畜争粮的突出矛盾，还将成为有效解决肉鹅秋冬季节青绿饲料来源缺乏的有效途径。

纤维素酶是指能有效降解纤维素的多酶复合物[4]，包括葡聚糖内切酶、葡聚糖外切酶或纤维二糖酶和β-葡萄糖苷酶，此3种酶协同作用完成对纤维素晶体的水解过程，提高动物体

收稿日期：2018-07-17

基金项目：现代农业产业技术体系建设专项资金（CARS-42-3，CARS-42-35）

作者简介：王惠影（1978-），女，江苏丰县人，副研究员，博士，研究方向为水禽遗传育种与健康养殖技术研究。E-mail: yjshywang@sina.com

*通信作者：陈国宏，教授，博士生导师，E-mail: ghchen@yzu.edu.cn

对粗纤维饲料的利用，同时能够有效降低饲养成本。纤维素酶的研究和应用越来越受到关注，在畜牧业中的应用已经取得一定成果[5-8]。张苏江等[9]研究表明，6 种粗饲料经纤维素酶与未经纤维素酶处理相比较，羊干物质消化率均有不同程度提高，粗纤维、粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分含量有不同程度降低。王荣蛟等[10]、远德龙等[11]发现，在饲粮中添加纤维素酶，生长猪的饲料利用率和日增重都显著提高，证明在饲粮中添加纤维素酶可以在一定程度上解决纤维素利用率低的问题。除此之外，有大量研究表明，纤维素酶可显著提高家禽的饲粮表观消化率、粗蛋白质利用率、能量利用率和代谢能值[12]。鹅可以采食大量青绿饲料，但如何减少纤维素等抗营养因子影响，提高粗饲料中营养物质的消化利用率，相关研究和参考资料却很少。鉴于此，本研究以浙东白鹅为研究对象，通过在花生秧饲粮中添加一定量的纤维素酶，探讨其对肉鹅生长发育、饲料养分表观利用率以及机体胰腺、肌胃和十二指肠内源性消化酶活性的影响，以期为开发利用花生秧饲料资源，提高粗饲料营养物质的消化利用率，减少肉鹅饲养成本，提高经济效益提供具有参考价值的资料。

1　材料与方法

1.1　试验材料

花生秧粉：花生秧自然风干后，在日照市勇杰生物质资源开发有限公司基地使用花生秧除膜揉切机生产，消化能 9.5 MJ/kg，粗蛋白质 11.00%，粗脂肪 2.96%，粗纤维 19.80%。

纤维素酶：上海蒙究实业有限公司生产，酶活性为 20 000 U/g。

1.2　试验动物及试验设计

试验选取 120 只体重相近的 4 周龄健康浙东白鹅，随机分为 3 个组，分别饲喂在基础饲粮中添加 15%（A 组）、23%（B 组）、23%（C 组）花生秧粉的试验饲粮，C 组另外添加 3‰ 纤维素酶，每组 5 个重复，每个重复 8 只，公母各占 1/2。预试期 1 周，正试期 4 周。基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)　%

项目 Items	组别 Groups		
	A	B	C

原料 Ingredients			
玉米 Corn	57.00	52.00	52.00
豆粕 Soybean meal	12.00		
麸皮 Bran	9.70	12.00	11.70
大豆胚芽粕 Soybean germ meal	4.50	11.30	11.30
花生秧粉 Peanut vine powder	15.00	23.00	23.00
纤维素酶 Cellulase			0.30
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.50	0.40	0.40
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]			
代谢能 ME/(MJ/kg)	50.92	51.00	50.88
粗蛋白质 CP	14.81	14.69	14.38
粗脂肪 EE	1.96	2.01	1.91
粗纤维 CF	7.51	9.75	9.76
钙 Ca	0.48	0.50	0.49
总磷 TP	0.45	0.42	0.43

[1)]每千克预混料含有 One kilogram of the premix contained the following: Fe 100 mg，Cu 8 mg，Mn 120 mg，Zn 100 mg，Se 0.4 mg，Co 1.0 mg，I 0.4 mg，VA 8 330 IU，VB_1, 2.0 mg，VB_2 8 mg，VB_6 1.2 mg，VB_{12} 0.03 mg，VD_3 1 440 IU，VE 30 IU，生物素 biotin 0.2 mg，叶酸 folic acid 2.0 mg，泛酸 pantothenic acid 20 mg，烟酸 niacin acid 40 mg。

[2)]代谢能为计算值，其余均为实测值。ME was a calculated value, while others were measured values.

1.3 饲养管理

试验鹅全期舍饲，网上平养，自由采食，自由饮水，按常规免疫程序接种。

1.4 生长性能指标测定

用电子秤称取肉鹅试验初期和末期的空腹体重，记录饲粮添加量，并计算料重比[13]。

1.5　养分表观利用率指标测定

饲养试验结束前，每重复按平均体重分别选取2只健康试验鹅，采用酸不溶灰分（AIA）作为指示剂，分个体连续收集3 d的排泄物，用镊子取出粪中混有的皮屑和羽毛，并用10%的盐酸固氮，混匀，在65 ℃烘箱中烘干，自然状态下回潮24 h，粉碎、制样，待测[14]。粗蛋白质含量采用凯氏定氮法(GB/T 6432-1994)测定；粗脂肪含量采用乙醚抽提法(GB/T6433-2006)测定；粗纤维含量采用酸碱消煮法(GB/T 6434-1994)测定；钙含量采用高锰酸钾滴定法(GB/T 6436-2002)测定；磷含量采用钼黄比色法(GB/T 6437-2002)测定[15]；氨基酸含量采用日立L-8800氨基酸自动分析仪（GB/T 18246-2000）测定。饲粮某养分表观利用率按下列公式计算：

某养分表观利用率（%）＝100-100×（b×c）/（a×d）。

式中：a为饲粮中该养分含量（%）；b为粪中该养分含量（%）；c为饲粮中盐酸不溶灰分含量（%）；d为粪中盐酸不溶灰分含量（%）。

1.6　消化酶活性指标测定

从每个重复中选取体重接近该组平均值的8周龄公母鹅各1只，共30只，将试验鹅快速致死后，迅速剖开腹腔，分离肌胃（含内容物）、十二指肠（含食糜）和胰腺，用液氮速冻后转至-80 ℃冰箱保存备用。根据南京建成生物工程研究所试剂盒说明书测定胰腺、肌胃和十二指肠蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活性。

1.7　数据处理与分析

采用 Excel 2007 软件进行原始数据的录入和整理；采用 SPSS 20.0 中的 De-scriptive 模块计算各变量的平均值±标准差；采用 one-way ANOV 进行试验组间性状指标的差异显著性检验。P<0.05 为差异显著，P<0.01 为差异极显著。

2　结　果

2.1　花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅生长性能的影响

由表 2 可以看出，与 A 组相比，B 组平均日增重显著降低（P<0.05），添加纤维素酶可显著提高试验鹅的平均日增重（P<0.05），对平均日采食量和料重比影响不显著（P>0.05）。

表 2　花生秧饲粮中添加纤维素酶对 5~8 周龄肉鹅生长性能的影响

Table 2 Effects of cellulose added to peanut seedling diets on growth performance of geese at 5 to 8 weeks of age

组别 Groups	平均日增重 ADG/(g/d)	平均日采食量 ADFI/(g/d)	料重比 F/G
A	88.70±7.42[b]	371.66±32.63[a]	4.19±0.84[a]
B	78.69±6.28[a]	397.38±27.12[ab]	5.05±0.57[b]
C	85.04±9.51[b]	436.31±23.49[b]	5.13±0.69[b]

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。下表同。

Values with different small letter superscripts in the same column mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01). The same as below.

2.2 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅养分表观利用率的影响

2.2.1 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅常规养分表观利用率的影响

由表 3 可以看出，与 A 组相比，B 组粗蛋白质、粗灰分、总磷和粗纤维表观利用率显著或极显著降低（P<0.05 或 P<0.01），添加纤维素酶可显著或极显著提高粗蛋白质、粗灰分、钙、总磷和粗纤维的表观利用率（P<0.05 或 P<0.01），对粗脂肪的表观利用率影响较小（P>0.05）。

表 3 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅养分表观利用率的影响

Table 3 Effects of cellulose added to peanut seedling diets on nutrient apparent utilization of geese %

组别 Groups	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Ash	钙 Calcium	总磷 Total phosphorus	粗纤维 Crude fiber
A	25.27±3.56[BCb]	38.09±3.70[a]	19.52±1.74[b]	52.91±5.79[a]	31.52±3.31[Bb]	17.66±2.91[Bb]
B	17.88±2.92[Aa]	41.52±3.85[ab]	13.56±1.75[a]	51.56±5.00[a]	13.54±1.63[Aa]	7.22±0.78[Aa]
C	36.02±3.42[Cc]	46.06±4.73[b]	20.03±2.28[b]	62.21±3.05[b]	41.10±4.85[Bb]	20.86±2.47[Bb]

2.2.2 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅氨基酸表观利用率的影响

由表 4 可以看出，与 A 组相比，B 组甘氨酸、半胱氨酸和蛋氨酸表观利用率显著降低（P<0.05），添加纤维素酶可使甘氨酸、半胱氨酸表观利用率显著提高（P<0.05），但对其他氨基酸表观利用率的影响不显著（P>0.05）。

表 4 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅氨基酸表观利用率的影响

Table 4 Effects of cellulose added to peanut seedling diets on amino acid apparent utilization of geese %

组别 Groups	天冬氨酸 Asp	苏氨酸 Thr	丝氨酸 Ser	谷氨酸 Glu	甘氨酸 Gly	丙氨酸 Ala	半胱氨酸 Cys	缬氨酸 Val	蛋氨酸 Met
A	73.63±7.26	67.7±6.68	71.89±5.25	81.45±8.85	38.92±3.86^{b}	67.22±5.99	57.11±5.97^{b}	69.27±4.30	59.14±5.8^{b}
B	66.79±2.58	64.61±3.21	67.71±2.03	77.95±1.44	19.67±1.96^{a}	58.55±5.75	42.53±4.44^{a}	65.33±2.82	43.53±4.79^{a}
C	71.62±3.27	68.61±3.08	72.44±3.37	81.86±1.77	32.75±2.85^{b}	69.11±4.44	62.26±5.27^{b}	72.05±3.31	48.2±4.95^{ab}

组别 Groups	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	酪氨酸 Tyr	苯丙氨酸 Phe	赖氨酸 Lys	组氨酸 His	精氨酸 Arg	脯氨酸 Pro
A	73.55±6.86	80.88±8.16	72.84±7.44	78.03±6.52	81.03±8.42	82.66±7.80	87.5±6.53	72.92±6.73
B	69.7±2.63	78.37±1.72	73.33±1.32	72.67±2.28	75.24±4.73	76.95±4.29	85.87±1.13	68.12±2.74
C	75.2±2.87	82.26±1.88	76.93±2.04	77.31±2.21	80.41±1.53	80.83±1.84	88.93±0.99	74.02±3.35

2.3 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅体内消化酶活性的影响

2.3.1 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅胰腺消化酶活性的影响

由表 5 可以看出，与 A 组相比，B 组胰腺淀粉酶活性显著降低（P<0.05），但添加纤维素酶可显著提高该酶活性(P<0.05)；添加纤维素酶还极显著增强了胰腺蛋白酶活性(P<0.01)，但对胰腺脂肪酶活性影响不显著（P>0.05）。

表 5　花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅胰腺消化酶活性的影响

Table 5　Effects of cellulose added to peanut seedling diets on digestive enzyme activity in the pancreas of geese　U/g

组别 Groups	蛋白酶 PRO	淀粉酶 AMS	脂肪酶 LPS
A	96.61±9.53^{Aa}	940.15±81.35^{b}	160.65±10.73
B	114.18±7.06^{Bb}	782.08±71.75^{a}	154.19±7.65
C	157.62±9.42^{Cc}	1 010.77±109.14^{b}	179.28±17.02

2.3.2　花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅肌胃消化酶活性的影响

由表 6 可以看出，饲粮中添加纤维素酶对肌胃淀粉酶和脂肪酶活性影响不显著（P>0.05），对肌胃蛋白酶活性有一定提高作用（P>0.05）。

表 6　花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅肌胃消化酶活性的影响

Table 6　Effects of cellulose added to peanut seedling diets on digestive enzyme activity in the muscular stomach of geese　U/g

组别 Groups	蛋白酶 PRO	淀粉酶 AMS	脂肪酶 LPS
A	17.80±1.73^{a}	13.75±1.20	110.94±10.77
B	20.31±2.87^{ab}	14.41±1.85	107.08±9.26
C	25.32±1.16^{b}	13.71±1.92	111.54±12.67

2.3.3　花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅十二指肠消化酶活性的影响

由表 7 可以看出，与 A 组相比，B 组十二指肠淀粉酶活性极显著升高（P<0.01），脂肪酶活性显著下降（P<0.05），添加纤维素酶可显著提高十二指肠脂肪酶活性（P<0.05），极显著降低淀粉酶活性（P<0.01）。

表 7　花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅十二指肠消化酶活性的影响

Table 7　Effects of cellulose added to peanut seedling diets on digestive enzyme activity in the duodenum of geese　U/g

组别 Groups	淀粉酶 AMS	脂肪酶 LPS
A	28.25±1.4^{Aa}	11.20±1.96^{b}
B	42.63±4.68^{Bb}	8.97±0.94^{a}
C	31.97±4.42^{Aa}	12.31±1.57^{b}

3 讨 论

3.1 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅生长性能的影响

通常所指的纤维素，是指不能被胃肠道酶所消化的植物细胞壁部分。各种动物利用粗纤维实际上是利用微生物酶的分解产物或微生物的代谢产物。由于微生物酶分解粗纤维的特异性，往往使粗纤维分解不彻底。这是动物利用粗纤维的一大限制因素[16]。纤维素的降解是一个复杂的过程，需要多种不同种类的纤维素酶共同完成[17]。纤维素酶是生物产生的多组分混合蛋白质，在适当的条件下，能使不溶性纤维素水解成可溶性糖，从而提高饲料的利用价值。李德发等[18]在杜×长×大三元杂交猪的玉米-豆粕＋15%麦麸基础饲粮中添加 0.2%的纤维素酶，结果表明试验猪平均日增重提高 7.3%，饲料转化率也有所提高。杨叶东等[19]在 15 kg 左右的生长猪饲粮中添加 0.1%纤维素酶制剂，结果表明试验猪日增重比对照组提高 5.64%，差异极显著。另有研究显示，高粗纤维饲粮中添加纤维素酶可显著提高鹅的生长性能[20-21]，提高肉鸡日增重，减少饲粮消耗[22]。在本试验中，当花生秧饲粮的粗纤维达到 9.75%水平后便表现为降低鹅的生长性能，而在饲粮中添加纤维素酶则可使试验鹅在料重比无明显变化的情况下体重增加，说明饲粮中添加纤维素酶有利于肉鹅的生长发育。究其原因，可能是因为纤维素酶可以减少纤维素与消化酶的结合，从而提高饲粮养分利用率，提高动物的生长速度，降低料重比，改善动物生长均匀度；另外，还可能有部分纤维素被降解成可消化吸收的还原糖，提高了饲粮的营养价值，从而促进试验鹅生长。

3.2 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅养分表观利用率的影响

采食添加纤维素酶的饲粮对畜禽养分利用率的影响国内外已有较多研究。Saleh 等[23]在肉鸡玉米-豆粕饲粮中添加纤维素酶、半纤维素酶和果胶酶组成的复合酶，有机物和粗蛋白质消化率显著高于对照组。张刚等[24]研究表明，高木薯渣饲粮中添加纤维素酶可显著改善饲粮中粗蛋白质和粗纤维的消化率，对干物质和能量表观消化率也有一定改善。Olkow[25]研究表明，羽扇豆饲粮中添加以果胶酶和半纤维素酶为主的复合酶能显著提高雏鸡有机物和

粗蛋白质的消化率。也有研究表明，不同类型和水平的纤维可影响猪回肠末端食糜中总氮和氨基酸的排泄量[26]。本试验表明，随着饲粮中粗纤维水平的增加，粗灰分和粗蛋白质的表观利用率显著下降，总磷和粗纤维的表观利用率极显著下降。添加纤维素酶后，饲粮中粗蛋白质、总磷和粗纤维的表观利用率较未添加纤维素酶时极显著提高，甚至达到或超过粗纤维水平较低的水平。粗灰分和钙的表观利用率较未添加纤维素酶时显著提高，但粗脂肪的表观利用率提高不明显。这表明外源纤维素酶可以水解细胞壁的纤维素晶体结构，使花生秧中的纤维素、半纤维素与果胶等组分有效降解，从而解除肉鹅消化系统对营养物质的利用障碍，使被细胞壁包围的蛋白质、淀粉和矿物质得到释放而被试验鹅消化、利用，从而降低纤维素在饲粮中的抗营养作用。

3.3 花生秧饲粮中添加纤维素酶对肉鹅消化道酶活性的影响

很多研究表明，鹅肌胃可以通过破坏细胞壁，为消化纤维素提供有利条件。胰腺是动物最重要的消化腺，肠道是营养物质消化吸收的重要器官。因此，它们中淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶等是动物消化食物最主要、消化力最强的酶系[27]，是反映动物消化机能的一个重要指标[28]，同时，酶活性是各种因素综合作用的效果[27]。黄燕华等[28]指出，高粗纤维饲粮中添加纤维素酶，可以通过改变食糜的理化性状影响胰腺消化酶分泌，加强对营养物质的消化与吸收，提高饲料转化效率。本试验结果显示，添加纤维素酶能显著增强胰腺蛋白酶、淀粉酶活性，同时也可增强肌胃蛋白酶活性和十二指肠脂肪酶活性。由于饲粮中添加纤维素酶从一定程度上补充了试验鹅内源酶的不足，刺激内源酶分泌，减少或消除了抗营养因子对肠道和胰脏造成的过敏反应和损伤，从而提高消化道食糜中各消化酶的活性[29]。但外源酶与动物内源酶之间的作用机制十分复杂[30]，仍需通过大量试验进行研究和探讨。

4 结 论

花生秧饲粮（粗纤维水平 9.75%）中添加 3‰纤维素酶能显著提高鹅的平均日增重；并能显著或极显著提高饲粮中粗灰分、粗蛋白质、粗纤维、钙、总磷和甘氨酸、半胱氨酸和蛋氨酸的表观利用率；增强胰腺蛋白酶、淀粉酶以及肌胃蛋白酶、十二指肠脂肪酶活性，是开发利用花生秧饲料资源的有效途径。

参考文献：

[1] 林月霞,吕玉华,丁宏林,等.农作物秸秆饲料饲喂崇明白山羊的效果[J].上海农业学

报,2014,30(3):35－37.

[2] 陈国宏,王继文,何大乾,等.中国养鹅学[M].北京:中国农业出版社,2013.

[3] 何大乾.高效科学养鹅关键技术有问必答[M].北京:中国农业出版社,2017.

[4] 范东,刘世操,祝爱侠,等.香菇菌糠纤维素酶的提取工艺优化[J].江西农业学报,2016,28(5):83－87.

[5] 杨天龙,王淑玲,顾招兵,等.独龙牛瘤胃细菌纤维素酶基因克隆[J].南方农业学报,2017,48(5):901－906.

[6] 姜海琴,程建波,王力生,等.山羊瘤胃微生物宏基因组文库中一个新型纤维素酶基因的克隆与表达[J].安徽农业大学学报,2015,42(2):209－212.

[7] 钟国祥,姚健,张诚,等.纤维素降解菌的筛选及其酶学性质研究[J].江西农业学报,2015,27(6):85－89.

[8] G LLERT S,FISCHER M A,TURAEV D,et al.Deep metagenome and metatranscriptome analyses of microbial communities affiliated with an industrial biogas fermenter,a cow rumen,and elephant feces reveal major differences in carbohydrate hydrolysis strategies[J].Biotechnology for Biofuels,2016,9:121.

[9] 张苏江,张作柱,张玲.纤维素复合酶对几种粗饲料在羊瘤胃内降解的影响[J].江苏农业科学,2007(1):1285－130.

[10] 王荣蛟,李美荃,梅文兰,等.饲粮中添加不同水平纤维素酶对生长猪生产性能的影响[J].湖南饲料,2013(3):22－24.

[11] 远德龙,姜建阳,韩先杰,等.纤维素酶对杜×鲁烟白生长猪生产性能的影响[J].饲料工业,2013,34(14):17－20.

[12] 赵珊,刘杰,余容,等.纤维素酶在畜牧业中的应用及研究进展[J].黑龙江畜牧兽医,2014(1):30－33.

[13] 陈宽维,高玉时,王志跃,等.中华人民共和国农业行业标准 家禽生产性能名词术语和度量统计方法[J].中国禽业导刊,2006(15):45–46.

[14] 丁爽,郭春华,张正帆,等.产乳酸菌素屎肠球菌 B_{13} 对断奶仔猪生长性能、养分消化率、血清免疫指标及粪便微生物菌群的影响[J].畜牧兽医学报,2017,48(10):1902－1911.

[15] 王志恒,杨维仁,郭宝林,等.不同无机磷水平日粮添加植酸酶对保育猪生长性能、血清生化指标及养分表观消化率的影响[J].畜牧兽医学报,2015,46(10):1891－1898.

[16] 张华琦,杨伟春.非淀粉多糖酶的作用机制及在家禽生产中的应用[J].饲料研究,2009(11):45–47.

[17] STEPANOVA E V,KOROLEVA O V,VASILCHENKO L G,et al.Fungal decomposition of oat straw during liquid and solid-state fermentation[J].Applied Biochemistry and Microbiology,2003,39(1):65－74.

[18] 李德发,赵君梅,宋国隆,等.纤维素酶对生长猪的生长效果试验[J].畜牧与兽医,2001,33(4):18－19.

[19] 杨叶东,韩祎君,潘爱中.纤维素酶对生长育肥猪饲养效果的影响[J].激光生物学报,2000,9(3):203－205.

[20] 王芬,王灵坤.复合纤维素酶制剂对东北白鹅生长性能及免疫性能的影响[J].畜牧与兽医,2013,45(8):75－78.

[21] 黄燕华,冯定远.高纤维日粮添加不同来源的纤维素酶对肉鹅生长性能的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会——第九届学术研讨会论文集.重庆:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2004:182.

[22] 陈晓春,陈代文.纤维素酶对肉鸡生产性能和营养物质消化利用率的影响[J].饲料研究,2005(11):7－9.

[23] SALEH F,TAHIR M,OHTSUKA A,et al.A mixture of pure cellulase,hemicellulase and pectinase improves broiler performance[J].British Poultry Science,2005,46(5):602–606.

[24] 张刚,张石蕊,戴求仲.生长猪含高木薯渣饲粮中添加纤维素酶的效果研究[J].湖南畜牧兽医,2014(5):13–15.

[25] OLKOWSKI B.Lupin as primary protein source in young broiler chicken diets:effect of enzymes preparations catalyzing degradation of non-starch polysaccharides or phytates[J].World Journal of Microbiology and Biotechnology,2011,27(2):341–347.

[26] 刘正群,刘静波,陈亮,等.基础饲粮类型对生长猪豆粕回肠氨基酸消化率评定的影响[J].畜牧兽医学报,2017,48(2):280－288.

[27] 刘长忠,张毅,王自良,等.NSP 酶制剂对雏鹅消化酶活性和盲肠微生物数量的影响[J].湖北农业科学,2009,48(7):1700－1703.

[28] 黄燕华,冯定远.不同来源纤维素酶对鹅胰腺和小肠内容物消化酶活性的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会——第九届学术研讨会论文集.重庆:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2004:184.

[29] FENG J,LIU X,XU Z R,et al.The effect of *Aspergillus oryzae* fermented soybean meal on growth performance,digestibility of dietary components and activities of intestinal enzymes in weaned piglets[J].Animal Feed Science and Technology,2007,134(3/4):295–303.

[30] BAO L,HUANG Q,CHANG L,et al.Screening and characterization of a cellulase with endocellulase and exocellulase activity from yak rumen metagenome[J].Journal of Molecular Catalysis B:Enzymatic,2011,73(1/2/3/4):104–110.

Effects of Cellulase Added to Peanut seedling Diets on Growth Performance, Nutrient Apparent Utilization and Digestive Enzyme Activity of 5 to 8-Week-Old *Zhedong* White Geese

WANG Huiying[1] GUO Baodi[1] HE Daqian[2] GONG Shaoming[2] LIU Yi[2]

LI Guangquan[2] XU Qi[1] CHEN Guohong[1*]

(1. *Animal Science and Technology College, Yangzhou University, Yangzhou* 225009, *China*; 2. *Animal Husbandry and Veterinary Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai* 201106, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of cellulase added to peanut seedling diets on growth performance, nutrient apparent utilization and digestive enzyme activity of geese. A total of 120 four-week-old *Zhedong* white geese was randomly divided into 3 groups. Geese were fed diets with 15% (group A), 23% (group B) and 23% (group C) peanut seedling powder, respectively, and 3‰ cellulose was added in the group C. Each group consisted of 5 replicates with 8 geese per replicate, and males and females were in half. The body weight, feed intake, nutrient apparent utilization and endogenous digestive enzyme activity in the pancreas, muscular stomach and duodenum were measured. The results showed as following：compared with group B,

adding 3‰ cellulase in peanut seedling diets (9.7% crude fiber) 1) significantly increased the average daily gain of geese (P<0.05), but the average daily feed intake and feed to weight ratio were not significantly affected (P>0.05); 2) significantly increased the digestibility of crude ash, crude protein, crude fiber, calcium, total phosphorus, glycine, cysteine and methionine (P<0.05 or P<0.01); 3) significantly enhanced protease and amylase activities in pancreatic (P<0.05), protease activity in muscular stomach (P<0.05), and lipase activity in intestine (P<0.05). In conclusion, adding 3‰ cellulase to the diets of high crude fiber peanut seedlings can enhance the digestive enzyme activity and improve the nutrient apparent utilization of diets. It is an effective way to exploit and utilize the peanut seedlings feed resources.

Key words**:** peanut vine; cellulase; *Zhedong* white geese; body weight; nutrient utilization; digestive enzyme activity

*Corresponding author, professor, E-mail: ghchen@yzu.edu.cn （责任编辑 陈 鑫）